
СТАТЬИ И СООБЩЕНИЯ
РЕСУРСЫ ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 581.6

**ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КАУЧУКОНОСОВ
ВО ФЛОРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**© 2019 г. Б. Р. Кулуев^{1, *}, А. А. Мулдашев², Н. Д. Минченков¹, А. В. Чемерис¹¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия²Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия

*e-mail: kuluev@bk.ru

Поступила в редакцию 16.01.2019 г.

После доработки 13.02.2019 г.

Принята к публикации 17.04.2019 г.

С начала XXI века в мире наблюдается новый всплеск интереса к альтернативным гевее (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) источникам натурального каучука. Для умеренного пояса наиболее эффективными каучуконосами были признаны три вида растений из семейства Asteraceae: *Taraxacum kok-saghyz* Rodin, *Taraxacum hybernum* Stev. и *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. & G.G. Bosse, однако из-за своего южного происхождения данные растения могут давать низкие урожаи при выращивании на территории России. В связи с этим перспективными каучуконосными растениями для РФ могут оказаться представители местной флоры, наиболее хорошо приспособленные ко всем особенностям климата умеренного пояса нашей страны. Целью настоящего исследования был скрининг потенциальной каучуконосной флоры Республики Башкортостан (РБ) на содержание каучука в корнях, стеблях и листьях. Такой скрининг проводился впервые, поскольку территория РБ была не затронута специальными ботаническими экспедициями 1931 и 1932 гг. Нами были проанализированы 31 вид растений семейства Asteraceae и 5 видов семейства Euphorbiaceae, которые, по литературным данным, могли быть каучуконосителями. По результатам проведенной работы потенциально-перспективными каучуконосами во флоре РБ были признаны восемь видов растений семейства Asteraceae: *Picris hieracioides* (горлоха ястребинковая), *Pilosella echiioides* (ястребинка румянквидная), *Scorzonera austriaca* (козелец австрийский), *Senecio erucifolius* (крестовник эруколистный), *Solidago canadensis* (золотарник канадский), *Sonchus palustris* (осот болотный), *Tragopogon podolicus* (козлобородник подольский) и *Tragopogon major* (козлобородник большой).

Ключевые слова: натуральный каучук, кок-сагыз, крым-сагыз, *Taraxacum kok-saghyz*, *Taraxacum hybernum*, *Picris*, *Pilosella*, *Scorzonera*, *Senecio*, *Solidago*, *Sonchus*, *Tragopogon*, *Euphorbia*

DOI: 10.1134/S0033994619030105

Натуральный каучук является незаменимым природным сырьем, так как по сравнению с синтетическими каучуками характеризуется более высокой когезионной и адгезионной прочностью, повышенной износостойкостью, более высокими динамическими характеристиками и способностью выдерживать серьезные вертикальные нагрузки. Натуральный каучук на сегодняшний день является важнейшим сырьем прежде всего для шинной промышленности, где его доля в составе смесей для легковых покрышек

составляет до 50%, для грузовых — до 85–100, для авиационных шин — до 100% [1–3]. На сегодняшний день основным источником натурального каучука с высокой молекулярной массой является лишь один вид растений — гевея бразильская *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. из семейства Euphorbiaceae, способная произрастать только в тропической зоне. Однако с начала XX века эти деревья стали интенсивно поражаться весьма опасным фитопатогеном *Microcyclus ulei*, внесенным даже в список биологического оружия ООН, что привело к уничтожению многих плантаций гевеи на его родине в Южной Америке. Основными производителями натурального каучука на сегодняшний день являются несколько стран Юго-Восточной Азии, куда еще не добрался паразитический гриб *M. ulei*. С самого начала использования человеком натурального каучука наблюдается постоянное увеличение спроса на это сырье [3], и по прогнозам спрос будет расти еще быстрее [4]. Однако в Юго-Восточной Азии дальнейший рост производства каучука весьма проблематичен, так как уже сегодня используются самые лучшие сорта гевеи и заняты почти все возможные площади. К тому же человечество в данном вопросе не должно зависеть только от одного вида растения. В связи с этим является актуальным поиск альтернативных растений-каучуконосов, в том числе способных произрастать и давать урожай в других климатических зонах. Для умеренного пояса таким признанным источником качественного высокомолекулярного каучука стал одуванчик кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* Rodin, который культивировался в СССР, США, Германии, Польше, Финляндии, Швеции и ряде других стран в 30–40-х гг. 20 века [5–8]. На южном побережье Крыма произрастает другой каучуконосный одуванчик — крым-сагыз *Taraxacum hybernum* Stev., для которого также имеются сведения о попытках культивирования в условиях умеренного климата [9, 10]. С начала XXI века в мире наблюдается новый всплеск интереса к кок-сагызу [11, 12], исходя из чего нами также были начаты эксперименты по выращиванию и изучению каучуконосных одуванчиков [13]. Наши предварительные исследования показали, что в условиях Республики Башкортостан (РБ) кок-сагыз в однолетней культуре дает в среднем от 3 до 7%, а крым-сагыз — от 1 до 3% каучука на сухую массу корня. В то же время в корнях крым-сагыза, собранных в природных местообитаниях, мы обнаружили в среднем от 5 до 10% каучука на сухую массу корня, что, вероятно, связано с тем, что дикие растения были двулетними [9]. Многие каучуконосные растения при их выращивании на более северных территориях нашей страны начинали продуцировать меньшее количество каучука [14]. Наш опыт работ с кок-сагызом и крым-сагызом [13] показывает, что не только каучуконакопление, но и рост каучуконосных одуванчиков в условиях РБ может задерживаться, особенно в первые два месяца вегетации из-за отрицательного влияния гипотермии. Исходя из этих данных, можно предположить, что перспективными каучуконосными культурами для нашей природной зоны могут оказаться представители местной флоры, наиболее хорошо приспособленные ко всем особенностям климата РБ.

Считается, что растений, вырабатывающих млечный сок, существует более 20 тысяч видов, но лишь ограниченное число их продуцирует полиизопрен в ощутимых количествах, пригодных для добычи в производственных масштабах [15]. В первой половине XX века как в СССР, так и в других странах пришло понимание того, что перспективные каучуконосы могут произрастать не только в тропической зоне. В некоторых странах были организованы специальные ботанические экспедиции с целью поиска каучуконосных растений. К примеру, такой поиск каучуконосных растений был проведен в Канаде и в результате анализа 1800 образцов 300 видов растений был выявлен ряд растений, содержащих в своих тканях больше 1% каучука к сухой массе и принадлежащих к родам *Apocynum*, *Asclepias*, *Eucomia*, *Euonymus*, *Euphorbia*, *Lonicera*, *Parthenium* и *Solidago* [16]. В СССР в 1931 и 1932 гг. специальными экспедициями всего лишь за два года на каучуконосность было исследовано 1048 видов растений из 316 родов, входящих в 95 семейств [15]. В результате многочисленных исследований в первой половине

XX века наиболее перспективными каучуконосными растениями в СССР из семейства Asteraceae кроме кок-сагыза и крым-сагыза были признаны тау-сагыз (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse), теке-сагыз или козелец колючеветвистый (*S. acanthoclada* Franch.), козелец широколистный (*S. latifolia* (Fisch. et C.A. Mey.) DC.), несколько видов хондрилл (*Chondrilla juncea* L., *Ch. ambigua* Fisch. ex Kar. et Kir., *Ch. pauciflora* Ledeb., *Ch. kusnezovii* Iljin и другие), кузиния тонкорассеченная (*Cousinia tenuisecta* Juz.), наголоватка Левье (*Jurinea levieri* Albov), крестовник крупнолистный (*Senecio macrophyllus* Vieb.), крестовник дубравный (*S. nemorensis* L. s.l.). Кроме того, для дальнейших работ были отобраны кендырь обыкновенный (*Apocynum venetum* L. s.l.) и ластовень острый (*Cynanchum acutum* L.) соответственно из семейств Аросунасеae и Asclepiadaceae, а также ряд интродуцентов, таких как разные виды ваточника (*Asclepias syriaca* L., *A. cornuti* Desne., *A. curassavica* L.) из семейства Asclepiadaceae, золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) и гваюла (*Parthenium argentatum* L.) из семейства Asteraceae [6, 14, 15, 17, 18]. У всех этих растений содержание каучука на сухую массу превышало 3%. Кроме этих отобранных советскими ботаниками нетропических видов растений имеются сообщения о довольно высоком содержании каучука у *Apocynum cannabinum* L., *Crepis bursifolia* L., *Chrysothamnus nauseosus* (Pall.) Britt., *Euphorbia cyparissias* L., *E. bakzamifera* Ait., *E. resinifera* Berg., *E. helioscopia* L., *E. bironae* Steud., *Haplopappus nanus* Eaton, *Hymenoxis floribunda* Cock. var. *Utilis* Cock., *Lactuca viminea* J. et A. Presl., *Scolymus grandiflorus* Desv., *Scorzonera alexandrina* Boiss., *Solidago laevenworthii* Torr. et Gray., *Sonchus arborescens* Salzm., *S. oleraceus* L., ряда видов *Tragopogon* L. [6, 17]. Недавнее исследование показало наличие высокомолекулярного каучука у латуков *Lactuca serriola* L. и *Lactuca sativa* L. [19]. Однако некоторые из перечисленных видов в латексе кроме каучука содержали большое количество смол, что снижало хозяйственную ценность этих растений.

Специальные ботанические экспедиции по поиску каучуконосных растений преимущественно охватили южные районы СССР, а территорию Южного Урала не затронули [18]. Несмотря на особое богатство флоры (более 1800 видов высших сосудистых растений), для РБ в специальной сводке, посвященной полезным растениям [20], среди дикорастущих перспективных каучуконосов было указано только 5 видов: клен остролистный (*Acer platanoides* L.), мелкопестник канадский (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.), крестовник дубравный (*Senecio nemorensis* L.), крестовник Швецова (*Senecio schwetsovii* Korsh.) и осот шероховатый (*Sonchus asper* (L.) Hill.). Тем не менее РБ отличается довольно большим разнообразием климатических условий, в том числе имеются обширные территории с засушливыми зонами. Регион богат видами растений из семейства Астровых, поэтому РБ, как и другие регионы, расположенные по югу современной России, представляет большой интерес в плане поиска растений каучуконосителей. Исходя из этого, целью нашего исследования стал скрининг потенциальной каучуконосной флоры РБ на содержание каучука в корнях, стеблях и листьях. Для этого была поставлена задача определения массовой доли (%) экстрагируемых гексаном веществ у видов растений, относящихся к родам *Inula* из трибы Inuleae, *Chondrilla*, *Cichorium*, *Crepis*, *Hieracium*, *Lactuca*, *Picris*, *Pilosella*, *Scorzonera*, *Sonchus*, *Taraxacum*, *Tragopogon*, *Trommsdorffia* из трибы Cichorieae, *Cirsium* и *Serratula* из трибы Cynareae (Cardueae), *Senecio* из трибы Senecioneae, *Solidago* из трибы Astereae, *Euphorbia* из трибы Euphorbieae, представители которых произрастают на территории РБ и по результатам ботанических экспедиций 1931 и 1932 гг. в других районах СССР [6] могут быть потенциальными источниками натурального каучука.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор растительного материала осуществляли на территории РБ в летне-осенний сезон 2018 г. Места и даты сбора указаны в таблице. Названия всех растений, произ-

растающих на территории бывшего СССР, в том числе и РБ, даны, за редкими исключениями, по сводке С.К. Черепанова [21]. Предварительный отбор перечня видов исследуемых растений флоры РБ осуществляли на основе литературных данных, а также собственных визуальных наблюдений наличия или отсутствия латекса или нитей каучукоподобных веществ. Поскольку вероятность нахождения природных промышленных запасов каучуконосов невелика, при выборе объектов исследования также учитывались его ресурсные характеристики при культивировании (разработанная агротехника и методы интродукции у близкородственных видов, размеры растений, экологические и биологические особенности). Для исследования *Chondrilla graminea* и *Taraxacum austroraleis* использовали гербарный материал (см. табл. 1). В качестве контроля использовали корни однолетних культур признанных каучуконосов кок-сагыза и крым-сагыза. Собранный растительный материал предварительно высушивали в проветриваемом помещении при комнатной температуре в течение 15 дней для перевода всего каучука в коагулированное состояние. Для каждого вида растения использовали по три экземпляра ($n = 3$). Затем растительный материал разделяли на корни, листья и стебли (или черешки), размельчали их ножницами и помещали в керамические ступки с пестиком, которые в дальнейшем замораживали в течение двух часов при температуре $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем растирали растительный материал и переносили в предварительно взвешенные микропробирки на 1.5 мл (эппендорфы). Взвешивали массу растительного порошка (от 0.05 до 0.1 г) и проводили процедуру выделения из него каучука с использованием полярных растворителей – дистиллированной воды и ацетона, а также неполярного растворителя гексана, основываясь на методах, описанных в литературе [22–24]. Всю процедуру выделения каучука проводили при комнатной температуре. Модифицированный нами способ микровыделения каучука из растительного материала состоял в следующем. В растительный порошок массой не меньше 0.05 и не более 0.1 г добавляли 1 мл дистиллированной воды, перемешивали образцы в течение 30 мин, центрифугировали при 12000 об./мин в течение 20 мин, надосадочную жидкость удаляли. Процедуру водной экстракции проводили дважды для более полного удаления водорастворимых компонентов. Затем в образцы добавляли по 1 мл ацетона и перемешивали их в течение 3 ч (на встряхивателе “Ротамикс” или орбитальном шейкере), центрифугировали при 12000 об./мин, в течение 20 мин, надосадочную жидкость удаляли. Таким образом, из растительного порошка убирали водный и ацетоновый экстракты, а каучук благодаря его переходу при сушке в коагулированное состояние и нерастворимость в полярных растворителях преимущественно продолжал оставаться в этих образцах. Последующую экстракцию каучука проводили с использованием гексана, который добавляли в количестве 1 мл, образцы перемешивали 16 ч (на встряхивателе “Ротамикс” или орбитальном шейкере). Затем образцы центрифугировали при 12000 об./мин, в течение 20 мин, надосадочную жидкость переносили в новые заранее взвешенные микропробирки на 1.5 мл. Гексановый экстракт высушивали в термостате при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 2.5 ч в вытяжном шкафу. Определяли массу высушенных экстрактивных веществ, которые далее условно называем гексановым экстрактом. Результаты выражали в виде массовой доли экстрактивных веществ в процентах к сухой массе растительного материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для процедуры выделения каучука использовали разработанный нами протокол метода микровыделения в пробирках типа “Eppendorf” с использованием стандартного лабораторного оборудования, который ранее не описан в литературе. Поэтому в первую очередь была поставлена задача по выяснению эффективности и точности этого подхода. Для этого мы испытали разработанный протокол на хорошо изученных каучуконосах – кок-сагызе и крым-сагызе. Анализ показал, что корни кок-сагыза в

Таблица 1. Средние значения массовой доли гексанового экстракта в органах анализированных растений, собранных на территории Республики Башкортостан, к сухой массе растительной ткани
Table 1. Average mass fraction of hexane extract in the organs of the studied plants collected in the Republic of Bashkortostan (expressed on plant tissue dry mass basis)

№ п/п	Вид Species	Местонахождение Location	Координаты* Coordinates	Дата сбора Date of collection	Органы Organs	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня, % Mass fraction of hexane extract on root dry mass basis, %
ASTERACEAE						
Триба Tribe Cichorieae						
1	<i>Chondrilla graminea</i> – Хондрилла злаколистная	Мелеузовский р-н, с. Конаревка Meleuzovsky district, v. Konarevka	N 52°52'55.69" E 55°44'52.46"	28.07.1999	Корни Roots	4.3 ± 1.1
					Стебли Stems	4.1 ± 0.9
					Листья Leaves	4.4 ± 1.3
2	<i>Cichorium intybus</i> – Цикорий обыкновенный	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'56.33" E 54°02'12.62"	26.06.2018	Корни Roots	3.3 ± 1.4
					Стебли Stems	4.5 ± 1.2
					Листья Leaves	5.0 ± 1.2
3	<i>Crepis praemorsa</i> – Скерда тупокоренная	Миякинский р-н, д. Канбеково Miyakinsky district, v. Kanbekovo	N 53°39'55.42" E 54°37'29.83"	»	Корни Roots	2.4 ± 0.3
					Стебли Stems	3.9 ± 0.4
					Листья Leaves	3.0 ± 0.3
4	<i>C. sibirica</i> – Скерда сибирская	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'55.35" E 54°02'12.89"	»	Корни Roots	2.2 ± 0.2
					Черешки Petiole	1.4 ± 0.4
					Листья Leaves	2.7 ± 0.6
5	<i>Hieracium umbellatum</i> – Ястребинка зонтичная	Стерлитамакский р-н, д. Рязановка Sterlitamak district, v. Ryazanovka	N 53°40'33.86" E 55°48'26.78"	01.08.2018	Корни Roots	1.7 ± 0.1
					Стебли Stems	5.0 ± 2.2
					Листья Leaves	5.2 ± 0.3
6	<i>H. viosum</i> – Ястребинка ядовитая	Бижбулякский р-н, гора Измаилка Bizhbulyaksky district, mount Izmailk	N 53°47'01.68" E 54°03'15.90"	25.06.2018	Корни Roots	1.0 ± 0.5
					Стебли Stems	1.7 ± 0.8
					Листья Leaves	2.5 ± 0.4
7	<i>Lactuca serriola</i> – Латук дикий	Уфа Ufa	N 54°45'59.62" E 56°00'49.85"	06.08.2018	Корни Roots	1.7 ± 0.6
					Стебли Stems	1.0 ± 0.3
					Листья Leaves	2.3 ± 0.8
8	<i>L. tatarica</i> – Латук татарский	»	N 54°45'55.81" E 56°00'51.43"	12.09.2018	Корни Roots	1.2 ± 0.4
					Стебли Stems	3.6 ± 0.5
					Листья Leaves	4.6 ± 0.8

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Вид Species	Местонахождение Location	Координаты* Coordinates	Дата сбора Date of collection	Органы Organs	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня, % Mass fraction of hexane extract on root dry mass basis, %
9	<i>Picris hieracioides</i> – Горлюха ястребинковидная	Стерлитамакский р-н, д. Рязановка Sterlitamak district, v. Ryazanovka	N 53°40'33.11" E 55°48'26.44"	01.08.2018	Корни Roots	4.4 ± 1.3
					Стебли Stems	4.5 ± 1.9
					Листья Leaves	9.0 ± 0.4
10	<i>Pilosella echioides</i> – Ястребиночка румянквидная	Стерлитамакский р-н, д. Рязановка Sterlitamak district, v. Ryazanovka	N 53°40'33.34" E 55°48'27.02"	01.08.2018	Корни Roots	5.8 ± 2.0
					Стебли Stems	1.6 ± 0.7
					Листья Leaves	6.1 ± 2.3
11	<i>P. vaillantii</i> – Ястребиночка Вайана	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'55.97" E 54°02'11.68"	26.06.2018	Корни Roots	2.3 ± 0.8
					Стебли Stems	2.9 ± 1.3
					Листья Leaves	3.2 ± 1.1
12	<i>Scorzonera austriaca</i> – Козелец австрийский	Кушнаренковский р-н, д. Гуровка Kushnarenkovsky district, v. Gurovka	N 53°47'56.64" E 54°02'12.62"	20.07.2018	Корни Roots	2.1 ± 0.1
					Листья Leaves	6.4 ± 0.9
13	<i>S. stricta</i> – Козелец прямой	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'56.64" E 54°02'12.62"	26.06.2018	Корни Roots	3.4 ± 1.0
					Стебли Stems	5.0 ± 2.2
					Листья Leaves	4.6 ± 1.1
14	<i>Sonchus arvensis</i> – Осот полевой	Уфимский р-н, д. Березовка Ufa district, v. Berезovka	N 54°32'42.11" E 55°49'48.43"	04.07.2018	Корни Roots	2.1 ± 0.4
					Стебли Stems	1.4 ± 0.1
					Листья Leaves	3.8 ± 0.3
15	<i>S. palustris</i> – Осот болотный	Кушнаренковский р-н, д. Гуровка Kushnarenkovsky district, v. Gurovka	N 54°58'02.33" E 55°36'34.57"	20.07.2018	Корни Roots	5.4 ± 0.8
					Стебли Stems	3.1 ± 0.8
					Листья Leaves	5.8 ± 1.4
16	<i>Taraxacum austrouralensis</i> – Одуванчик южноуральский	Гафурийский р-н. р. Зилим Gafuriysky district, r. Zilim	N 53°56'05.87" E 57°04'07.95"	11.06.2012	Корни Roots	4.6 ± 0.8
17	<i>T. bessarabicum</i> – Одуванчик бессарабский	Кушнаренковский р-н, д. Подымалово Kushnarenkovsky district, v. Podymalovo	N 54°53'30.67" E 55°43'06.88"	25.09.2018	Корни Roots	3.2 ± 0.4
18	<i>T. hybernum</i> – Одуванчик осенний (Крым-сагыз)	Уфа Ufa	N 54°45'59" E 56°0'58"	10.09.2018	Корни Roots	2.5 ± 1.5

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Вид Species	Местонахождение Location	Координаты* Coordinates	Дата сбора Date of collection	Органы Organs	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня, % Mass fraction of hexane extract on root dry mass basis, %
19	<i>T. kok-saghyz</i> – Одуванчик кок-сагыз	Уфа Ufa	N 54°45'59" E 56°0'58"	10.09.2018	Корни Roots	4.9 ± 2.0
20	<i>T. officinale</i> – Одуванчик лекарственный	»	»	»	Корни Roots	1.4 ± 0.3
21	<i>T. proximum</i> – Одуванчик ближайший	Стерлитамакский р-н, д. Рязановка Sterlitamak district, v. Ryazanovka	N 53°40'33.82" E 55°48'27.32"	01.08.2018	Корни Roots	3.3 ± 0.4
					Листья Leaves	5.3 ± 1.1
22	<i>T. serotinum</i> – Одуванчик поздний	Стерлитамакский р-н, д. Рязановка Sterlitamak district, v. Ryazanovka	N 53°40'32.83" E 55°48'26.17"	»	Корни Roots	2.7 ± 0.6
					Листья Leaves	3.1 ± 0.5
23	<i>Tragopogon major</i> – Козлобородник большой	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'55.58" E 54°02'12.62"	26.06.2018	Корни Roots	5.6 ± 0.9
					Стебель Stem	2.6 ± 0.6
					Листья Leaves	5.1 ± 1.8
24	<i>T. podolicus</i> – Козлобородник подольский	Бижбулякский р-н, д. Меллисоновка Bizhbulyaksky district, v. Mellisonovka	N 53°47'56.38" E 54°02'12.62"	26.06.2018	Корни Roots	7.8 ± 2.1
					Стебель Stems	3.0 ± 1.2
					Листья Leaves	4.9 ± 0.1
25	<i>Trommsdorffia macu- lata</i> – Прозанник крапчатый	Бижбулякский р-н, гора Измаилка Bizhbulyaksky district, the mountain Izmailk	N 53°47'01.86" E 54°03'26.29"	25.06.2018	Корни Roots	3.6 ± 0.7
					Стебель Stem	2.8 ± 1.1
					Листья Leaves	3.4 ± 1.3
Триба Tribe Cynareae (Cardueae)						
26	<i>Cirsium setosum</i> – Бодяк щетинистый	Уфимский р-н, д. Березовка Ufa district, v. Berezovka	N 54°32'42.15" E 55°49'48.81"	04.07.2018	Корни Roots	1.8 ± 0.4
					Стебель Stem	2.6 ± 1.0
					Листья Leaves	3.2 ± 1.0
27	<i>Serratula coronata</i> – Серпуха венценосная	Уфимский р-н, д. Якшиваново Ufa district, v. Yakshivanovo	N 54°56'14.57" E 55°54'05.24"	29.06.2018	Корни Roots	1.3 ± 0.3
					Стебель Stem	3.0 ± 0.6
					Листья Leaves	3.7 ± 0.9

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Вид Species	Местонахождение Location	Координаты* Coordinates	Дата сбора Date of collection	Органы Organs	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня, % Mass fraction of hexane extract on root dry mass basis, %
Триба Tribe Inuleae						
28	<i>Inula helenium</i> – Девясил высокий	Уфимский р-н, д. Березовка Ufa district, v. Berezovka	N 54°32'42.88" E 55°49'48.82"	04.07.2018	Корни Roots	4.3 ± 0.6
					Черешки Petioles	1.2 ± 0.6
					Листья Leaves	4.2 ± 0.2
Триба Tribe Senecioneae						
29	<i>Senecio erucifolius</i> – Крестовник эруколистный	Уфимский р-н, д. Якшиваново Ufa district, v. Yakshivanovo	N 54°56'18.09" E 55°54'25.76"	29.06.2018	Корни Roots	3.7 ± 0.6
					Стебли Stems	5.9 ± 1.5
					Листья Leaves	2.9 ± 1.2
30	<i>S. schwetzkovii</i> – Крестовник Швецова	Давлекановский р-н, с. Курятмасово Davlekanovsky district, v. Kuryatmasovo	N 54°13'45.77" E 54°35'58.64"	28.06.2018	Корни Roots	2.8 ± 0.2
					Стебли Stems	2.5 ± 1.5
					Листья Leaves	3.2 ± 0.9
Триба Tribe Astereae						
31	<i>Solidago canadensis</i> – Золотарник канадский	Уфимский р-н, д. Березовка Ufa district, v. Berezovka	N 54°32'41.83" E 55°49'49.51"	24.09.2018	Корни Roots	1.5 ± 0.4
					Стебли Stems	5.3 ± 0.8
					Листья Leaves	4.4 ± 0.7
EUPHORBIACEAE						
Триба Tribe Euphorbieae						
32	<i>Euphorbia helioscopia</i> – Молочай солнцегляд	Уфа Ufa	N 54°45'39.20" E 56°00'44.42"	26.09.2018	Корни Roots	9.3 ± 1.3
					Стебель Stem	5.6 ± 1.1
					Листья Leaves	6.0 ± 1.5
33	<i>E. palustris</i> – Молочай болотный	Альшеевский р-н, д. ст. Сепяшево Alsheevsky district, stn. Sepyashevo	N 54°04'33.00" E 54°57'34.76"	27.06.2018	Корни Roots	4.8 ± 2.3
					Стебель Stems	6.0 ± 1.7
					Листья Leaves	7.4 ± 0.2
34	<i>E. seguieriana</i> – Молочай Сегье	Бижбулякский р-н, г. Измаилка Bizhbulyaksky district, the mountain Izmailk	N 53°47'00.43" E 54°03'09.48"	25.06.2018	Корни Roots	6.5 ± 1.7
					Стебель Stems	2.2 ± 0.4
					Листья Leaves	4.0 ± 0.1

Таблица 1. Окончание

№ п/п	Вид Species	Местонахождение Location	Координаты* Coordinates	Дата сбора Date of collection	Органы Organs	Массовая доля гексанового экстракта на сухую массу корня, % Mass fraction of hexane extract on root dry mass basis, %
35	<i>E. semivillosa</i> – Молочай полумохнатый	Кугарчинский р-н, д. Давлеткулово Kugarchinsky district, v. Davletkulovo	N 52°26'21.18" E 56°40'20.29"	22.06.2018	Корни Roots	3.7 ± 0.7
					Стебель Stem	2.7 ± 0.4
					Листья Leaves	3.0 ± 0.5
36	<i>E. virgata</i> – Молочай лозный	Кугарчинский р-н, с. Мраково Kugarchinsky district, v. Mrakovo	N 52°42'36.17" E 56°34'59.68"	22.06.2018	Корни Roots	3.6 ± 0.6
					Стебель Stem	3.4 ± 0.8
					Листья Leaves	4.6 ± 0.9

Примечание. * – координаты даны по системе WGS84.
Note. * – WGS84 coordinates are given.

однолетней культуре накапливают в среднем 4.9% каучука (см. табл. 1). Согласно литературным данным, содержание каучука на сухую массу корня в однолетней культуре кок-сагыза варьирует от 2.7 до 11.5% [25]. Также мы проанализировали корни крым-сагыза в однолетней культуре, содержание каучука составило в среднем 2.5% (см. табл. 1). Ранее было показано, что содержание каучука в корнях крым-сагыза при однолетней культуре составляет в среднем от 1.5 до 2.5% [25]. Исходя из этого, мы заключили, что используемый нами протокол выделения каучука из растительного материала дает довольно близкие с описанными в литературе результаты и подходит для дальнейшей работы. Так как по некоторым данным каучук, выделенный при помощи полярных и неполярных растворителей, содержит около 20% различных примесей [26], в дальнейшем для обозначения выделенного материала было решено преимущественно использовать термин гексановый экстракт, под которым подразумевается экстрагируемые гексаном вещества после удаления растворителя. В зависимости от используемого растворителя похожий термин использовали в большинстве советских и зарубежных источников, где определены массовые доли, % каучука в растительных тканях [6, 25]. Так как мы не определяли качественный состав данного гексанового экстракта, в работе также использовали термин каучукоподобные вещества. Одной из задач нашего исследования был поиск альтернативных кок-сагызу растений-каучуконосов умеренной зоны. Поэтому было решено выявлять растения, накапливающие каучукоподобные вещества в количествах больше 5% на сухую массу ткани, т.е. больше, чем кок-сагыз в однолетней культуре. Другой причиной выбора именно такой границы массового содержания каучукоподобных веществ является классификация каучуконосов, которая применялась советскими ботаниками. Если к эффективным каучуконосам они причисляли виды с содержанием более 10%, то виды с содержанием каучука 5% и более относились ко второй группе потенциально-перспективных, которые могут стать востребованными при появлении новых технологий извлечения и переработки [10].

В трибе Cichorieae нами было проанализировано 25 видов растений флоры РБ (см. табл. 1). Наибольшая массовая доля гексанового экстракта в корнях у представителей данной трибы была обнаружена у *Tragopogon podolicus* (7.8%), *Pilosella echioides* (5.8%), *Tragopogon major* (5.6%) и *Sonchus palustris* (5.4%). В стеблях больше всего каучук накапливался у *Hieracium umbellatum* (5.0%) и *Scorzonera stricta* (5.0%) (см. табл. 1). У всех проанализированных растений трибы Cichorieae каучукоподобные вещества обнаруживались и в листьях, больше всего их было в *Picris hieracioides* (9.0%), *Pilosella echioides* (6.1%), *Scorzonera austriaca* (6.4%), *Sonchus palustris* (5.8%), *Taraxacum proximum* (5.3%), *Hieracium umbellatum* (5.2%), *Tragopogon major* (5.1%) и *Cichorium intybus* (5.0%) (см. табл. 1). Наименьшая массовая доля гексанового экстракта была выявлена в корнях *Hieracium virosum* (1.0%), *Lactuca tatarica* (1.2%) и в стеблях *Lactuca serriola* (1.0%).

Среди представителей триб Synagaeae и Inuleae мы не обнаружили растений с массовой долей гексанового экстракта более 5% (см. табл. 1). Из этой группы растений наибольшее содержание каучукоподобных веществ было обнаружено в корнях *Inula helenium* (4.3%). Также нами были исследованы два вида рода *Senecio* из трибы Senecioneae. Наибольшая массовая доля гексанового экстракта была обнаружена в стеблях *Senecio erucifolius* – 5.9% (см. табл. 1). У золотарника канадского из трибы Astereae больше всего каучукоподобные вещества накапливались в стеблях – 5.3%. В целом у всех исследованных растений из триб Inuleae, Senecioneae и Astereae каучукоподобные вещества накапливались в корнях, стеблях, черешках и листьях (см. таблицу). Наименьшая массовая доля гексанового экстракта была характерна для черешков *Inula helenium* (1.2%) и корней *Serratula coronata* (1.3%).

Далее нами было исследовано пять видов рода *Euphorbia* семейства Euphorbiaceae. Все они содержали белый млечный сок и большое количество каучукоподобных веществ во всех тканях (см. табл. 1). Наибольшее содержание этих веществ в наших исследованиях данной группы растений выявлено в корнях *Euphorbia helioscopia* (9.3%). Также высокое содержание каучукоподобных веществ было выявлено в корнях *E. seguierana* (6.5%), в стеблях *E. palustris* (6%) и *E. helioscopia* (5.6%), а также в листьях *E. palustris* (7.4%) и *E. helioscopia* (6%). Низкая массовая доля гексанового экстракта (меньше 2%) для представителей данной трибы растений была не характерна вовсе. Наименьшее количество каучукоподобных веществ было выделено нами из стеблей *E. seguierana* (2.2%).

Накопление каучука в клетках и млечниках является характерным признаком двудольных высших сосудистых растений, для остальных представителей растительного мира такая способность не характерна. Выявлены лишь следы каучукоподобных веществ у некоторых видов семейства Liliaceae [6] и в небольшом количестве в корнях *Alisma plantago-aquatica* L. (Alismataceae) [27]. Но даже среди двудольных по некоторым оценкам не более 1% видов растений являются каучуконосными [25]. Самым богатым по числу каучуконосов является семейство астровых. Количество каучуконосов, обнаруженных в пределах этого семейства, превышает 50% от всего числа таких растений, найденных в процессе пересмотра флоры СССР [6]. В семействе Asteraceae по степени каучукообразования особо выделяется триба Cichorieae, к которой как раз и относятся лучшие каучуконосы умеренного пояса: кок-сагыз, крым-сагыз, тау-сагыз, теке-сагыз и некоторые другие виды. Более того, наличие латекса считается характерным систематическим признаком данной трибы растений. Поэтому в наших исследованиях мы наибольшее внимание уделили видам астровых именно из этой трибы. Несмотря на то что все виды данной трибы способны к каучукообразованию, не все они являются перспективными каучуконосами. Более того, даже среди представителей одного и того же рода из этой трибы, к примеру *Taraxacum*, имеются виды, содержащие лишь следы полиизопрена или же являющиеся “рекордсменами” по содержанию каучука [25]. Наибольший процент содержания каучукоподобных веществ нами был обнаружен в листьях *P. hieracioides* (горлюха ястребинковая). В некоторых других видах данной трибы

также каучук накапливался в больших количествах именно в листьях. Каучук в этих органах откладывается в клетках мезофилла, и такие растения называются месекретными или зелеными паренхимными каучуконосами [6]. Имеются сведения, что каучук у таких растений может иметь низкие показатели степени полимерности, а латекс обычно содержит большое количество смол, что сильно усложняет процедуру извлечения каучука в производстве [25]. Считается, что получение такого каучука будет обходиться довольно дорого и будет рентабельно только при высокой урожайности, каучуконосности и при комплексном использовании этих растений (получении наряду с полиизопреном и других продуктов, например волокна, лекарственных веществ и др.). В листьях горлоухи ястребинковой мы обнаружили очень высокое содержание каучукоподобных веществ, однако эти данные требуют более тщательной проверки на большей выборке из разных мест произрастания. Ранее в листьях горлоухи ястребинковой, собранных как на Кавказе, так и в европейской части России, также обнаруживали каучук, но в меньших количествах [6]. Для исследованных представителей данной трибы было показано высокое содержание каучукоподобных веществ в корнях, что особенно было характерно для козлобородника подольского. В корнях у большинства каучуконосных данной трибы каучук накапливается в латексе, который содержится в млечных сосудах. Такой каучук чаще всего характеризуется большей полимерностью, меньшим содержанием смол; однако его выделение в производстве также сопряжено с переработкой корней в отличие от гевеи, где применяют широко известный метод подсочки [25]. Рентабельность получения каучука из корней астровых также будет повышаться с увеличением массовой доли (%) содержания каучука, урожайности корней и возможности получения сопутствующих метаболитов, к примеру инулина, который накапливается в корнях многих видов *Asteraceae*. Мы обнаружили в корнях козлобородника подольского 7.8% гексанового экстракта на сухую массу ткани. Это является довольно высоким показателем, поэтому требуется более тщательное изучение данного вида для уточнения полученных нами данных с увеличением выборки и мест сбора материала. Следует отметить, что ранее в корнях и стеблях *T. podolicus* уже обнаруживали каучук, однако в меньших количествах [6]. В стеблях представители трибы *Cichorieae* накапливали каучук в меньшей степени, чем в корнях и листьях, однако у *S. stricta* наибольшее содержание гексанового экстракта обнаружилось именно в стеблях. Интересно отметить, что ранее для данного вида растения также было показано большее содержание каучука в стеблях, чем в корнях [6]. Важным параметром является не только содержание каучука в тех или иных растениях, но и молекулярная масса продуцируемого полиизопрена. К примеру, мы обнаружили незначительные количества каучука в стеблях *L. serriola*, но есть данные о том, что молекулярная масса полиизопрена этого вида составляет более 1000000 г/моль, что позволяет рассматривать представителей рода *Lactuca* в качестве потенциальных каучуконосных культур [19].

Еще одним видом растений, который заслуживает внимания, является *I. helenium* трибы *Inuleae*, в корнях которого мы обнаружили 4.3% массовой доли гексанового экстракта. Конечно, этот показатель был ниже, чем в однолетней культуре кок-сагыза, однако учитывая большую массу корней девясила и предполагаемое хорошее качество каучука в подземных органах астровых, данный вид растения тоже может оказаться перспективным каучуконосом. В нашей работе мы впервые показываем наличие каучукоподобных веществ в корнях *I. helenium*, ранее о следах каучука сообщалось лишь для корней *Inula britannica* [6]. Из изученных нами растений следует также отдельно отметить крестовник эруколистный и золотарник канадский, которые больше всего накапливали каучук в стеблях. Учитывая то, что эти два вида растения накапливают большую надземную биомассу, они могут оказаться перспективными каучуконосами, так как уборка урожая будет заключаться в стандартной технологии скашивания и высушивания, которая применяется при обычном сенокосе. До наших исследований в стеблях крестовника эруколистного тоже находили каучук, но в меньших количе-

ствах [6]. Ранее некоторые виды крестовников рассматривались в качестве перспективных листовых каучуконосов, однако наибольшая массовая доля гексанового экстракта у *S. erucifolius* в нашей работе выявлялся в стеблях, а не в листьях [29]. Разные виды золотарников также рассматривались в основном в качестве перспективных листовых каучуконосов [29]. Результаты многочисленных исследований показывают массовую долю каучука в листьях золотарника в среднем от 1 до 4%, хотя сообщается о 12% каучука у некоторых селекционных форм. Мы показали массовую долю гексанового экстракта в листьях золотарника канадского в среднем 4.4%, тогда как в стеблях – 5.3%. Следует отметить, что данный вид в РБ является инвазивным и в настоящее время активно захватывает вторичные местообитания (пустыри, вырубки, заброшенные сельхозугодия и пр.), образуя обширные и порой монодоминантные заросли, которые в будущем могут представлять интерес для промышленных заготовок. Учитывая способность золотарника канадского быстро набирать большую биомассу надземной части, данный вид также может рассматриваться как весьма перспективный каучуконос, который можно скашивать, сушить и отправлять сырье на переработку.

Лучшие отечественные каучуконосы относятся к родам *Taraxacum* и *Scorzonera*, поэтому были рассмотрены также представители этих двух групп растений. Каучук наилучшего качества эти растения накапливают в своих корнях, поэтому мы решили обратить больше внимания на корневое каучуконоскопление у этих двух родов растений. Среди многочисленных видов одуванчиков кроме кок-сагыза и крым-сагыза перспективным каучуконосом является очень близкий к *T. hybernum* вид *Taraxacum megalorrhizon* Hand.-Mazz, который произрастает в Южной Европе и Северной Африке, содержащий, по некоторым данным, около 6% каучука в корнях [30]. Эти виды близки, и монографом рода Н.Н. Цвелевым [31] рассматриваются в объеме *T. hybernum*. Крым-сагыз и *T. megalorrhizon* относятся к секции *Scariosa*, поэтому представляет большой интерес анализ на каучуконосность растений, относящихся к данной секции. Вероятнее всего высокое накопление качественного полиизопрена в корнях одуванчиков из этой секции является их генетическим признаком. К примеру, немногочисленные исследования одуванчиков этой секции показали наличие каучука в видах *T. bithunicum* DC., *T. glaucanthum* (Ledeb.) DC., *T. monochlamydeum* Hand.-Mazz., *T. tadshikorum* Ovcz. ex Schischk. [30], однако одуванчики этой секции произрастают преимущественно в Южной Европе и Северной Африке и поэтому в большинстве своем остались вне внимания советских ботаников. Кок-сагыз относится к другой секции – *Ceratoidea* [32], виды которого произрастают преимущественно в Средней Азии, на Алтае, нижней Волге, но, как и представители секции *Scariosa*, на Южном Урале они также не обнаруживаются. Пожалуй, ближе всего (г. Волгоград) из секции *Ceratoidea* подходит к РБ ареал *T. halophilum* Trautv. ex Beck. [33]. В целом из-за открытия кок-сагыза и крым-сагыза остались неизученными большинство видов одуванчиков СССР не только из секций *Scariosa* и *Ceratoidea*, но и из других секций. В настоящее время в РБ отмечено произрастание 7 видов одуванчиков, из которых 2 эндемичные. Обычный одуванчик лекарственный *T. officinale* Wigg. s. l., собранный нами на территории Академгородка УФИЦ РАН, содержал в среднем 1.4% гексанового экстракта. Имеются данные о том, что, несмотря на обильное содержание латекса в корнях *T. officinale*, в нем очень мало полиизопренов (в среднем 0.74%) [30]. Кроме *T. officinale* нами были проанализированы 4 других вида одуванчиков, из них наибольшая массовая доля корневого каучука была характерна для *Taraxacum austrouralensis* (секция *Crocea*) (4.6%). У остальных трех видов одуванчиков в корнях мы обнаружили также немного больше каучукоподобных компонентов, чем у *T. officinale*. Исходя из наших данных следует, что одуванчики флоры РБ вряд ли могут конкурировать по содержанию каучука по крайней мере с кок-сагызом, хотя могут превзойти крым-сагыз благодаря большей холодо- и морозоустойчивости.

Многие виды скорцонер накапливают высококачественный каучук в своих корнях и, вероятнее всего, эта способность является генетической особенностью данного

очень богатого видами рода растений. Мы проанализировали два ксерофитных вида *S. austriaca* и *S. stricta*, которые накапливали в корнях в среднем от 2 до 3% каучукоподобных веществ. Каучук в листьях, стеблях и корнях этих двух видов растений также обнаруживался и ранее при ботанических экспедициях 1931 и 1932 гг. [6]. Можно полагать, что растущие на территории РБ виды скорцонер не представляют такой же большой хозяйственной ценности, как тау-сагыз или теке-сагыз. Однако, учитывая лучшую приспособленность *S. austriaca* и *S. stricta* к суровым климатическим условиям Южного Урала, они могут представлять интерес при селекции и гибридизации тау-сагыза в работах по созданию каучуконосных культур, пригодных для выращивания на северных территориях нашей страны. Так как в листьях *S. austriaca* мы обнаружили 6.4% гексанового экстракта, то данный вид также нами включается в список потенциально каучуконосных растений.

Все виды молочаев содержат в больших количествах белый латекс. Однако у молочаев умеренного пояса в латексе содержится гораздо больше смол, чем каучука. Также имеются сведения о низком качестве каучука у представителей рода *Euphorbia* [6]. Видимо, поэтому многочисленные виды молочая умеренного пояса, несмотря на обильное содержание латекса, не рассматривались советскими ботаниками в качестве перспективных для окультуривания каучуконосов. Рекордсменом по массовой доле гексанового экстракта в нашей работе стал вид *E. helioscopia*, который накапливал 9.3% в корнях, 6% в листьях и 5.6% в стеблях каучукоподобных веществ на сухую массу ткани. Также надо отдельно отметить молочай болотный, который накапливал каучукоподобные вещества прежде всего в листьях (7.4%) и стеблях (6.0%). Ранее для молочая болотного тоже было показано наличие каучука в листьях, стеблях и корнях, но в меньших количествах, чем в нашем исследовании. Для *E. helioscopia* же ранее было показано лишь небольшое содержание каучукоподобных веществ [6]. Высокие массовые доли гексанового экстракта, полученные в нашей работе, возможно, являются следствием большого загрязнения каучука смолами. Для проверки данного предположения необходимы более тщательные исследования данных видов молочаев. Возможно, для выделения каучука из молочаев требуются дополнительные стадии очистки от смол. Про степень полимерности и молекулярную массу каучука молочаев умеренного пояса в середине XX века было известно мало [6]. Более тщательные исследования каучука у видов *E. glyptosperma*, *E. corollata*, *E. lactiflua*, *E. heterophylla* и *E. characias* показывают, что молочай продуцирует каучук с низкой молярной массой 84000–264000 г/моль [22, 34–36]. В то же время молярная масса каучука у гевеи, гваюлы и даже латука составляет более 1 млн г/моль [19, 34]. Поэтому мы полагаем, что молочайи рода *Euphorbia* флоры РБ, несмотря на довольно высокое содержание каучукоподобных веществ, не представляют практического интереса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами проанализированы 36 видов растений и показано, что наиболее перспективные каучуконосы на территории РБ принадлежат преимущественно к трибе Cichorieae. Исходя из того, что наилучшие показатели содержания гексанового экстракта были зарегистрированы нами у изученных видов родов *Hieracium*, *Pilosella*, *Sonchus*, *Picris*, *Tragopogon* и *Scorzonera*, с наибольшей вероятностью лучшие каучуконосы будут относиться к субтрибам Hieraciinae, Hyoseridinae, Hypochaeridinae, Scorzonerinae, что необходимо учитывать при дальнейших исследованиях. Результаты нашей работы показывают, что потенциально-перспективными каучуконосами во флоре РБ являются *Picris hieracioides* (горлюха ястребинковая), *Pilosella echioides* (ястребинка румянквидная), *Scorzonera austriaca* (козелец австрийский), *Senecio erucifolius* (крестовник эруколистный), *Solidago canadensis* (золотарник канадский), *Sonchus palustris* (осот болотный), *Tragopogon podolicus* (козлобородник подольский) и *T. major* (к. большой), каучук из ко-

торых необходимо исследовать на предмет молекулярной массы и степени полимерности. Представляет также интерес работа по введению данных видов растений в культуру через изучение в интродукционных питомниках.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП “Агидель” и УНУ “КОДИНК” в рамках государственных заданий АААА-А16-116020350028-4 и АААА-А19-119021190011-0 ИБГ УФИЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дыкман А.С., Бусыгин В.М., Моисеев И.И., Гильманов Х.Х., Федорцова Е.В. 2012. Глобальные тенденции в производстве натурального и изопренового каучуков. — Экономика и управление. 1(75): 46–52.
2. Чалдаева Д.А., Хусаинов А.Д. 2013. Применение натурального и синтетического каучука в производстве шин. — Вестн. Казанского техн. ун-та. 16(11): 195–198.
3. Кулуев Б.Р., Гарафутдинов Р.Р., Максимов И.В., Сагитов А.М., Чемерис Д.А., Князев А.В., Вершинина З.Р., Баймиев А.Х., Мулдашев А.А., Баймиев А.Х., Чемерис А.В. 2015. Натуральный каучук, его источники и составные части. — Биомика. 7(4): 224–283. <http://biomics.ru/archive/2015/tom-7-4/naturalnyy-kauchuk-ego-istochniki-i-sostavnye-chasti/>
4. Дыкман А.С., Гильманов Х.Х., Федорцова Е.В., Бусыгин В.М., Моисеев И.И. 2011. Перспективные возможности мирового производства натурального и изопренового каучуков. — Экономика и управление. 10(71): 46–51.
5. Половенко И.С., Филиппов Д.И., Правдин Ф.Н., Фурман Л.М. 1950. Кок-сагыз. М. 167 с.
6. Ильин М.М. 1953. Каучуконосность флоры СССР. В кн.: Каучук и каучуконосы. Т. 2. С. 9–104.
7. Хайруллин Р.З., Власова Ю.С., Янов В.В. 2014. Перспективы использования альтернативных видов растительного сырья для производства натурального каучука. — Вестн. Казанского техн. ун-та. 17(13): 205–206.
8. Гаршин М.В., Картуха А.И., Кулуев Б.Р. 2016. Кок-сагыз: особенности культивирования, перспективы возделывания и внедрения в современное производство. — Биомика. 8(4): 323–333. <http://biomics.ru/archive/2016/tom-8-4/kok-sagyz-osobennosti-kultivirovaniya-perspektivy-vozdelvaniya-i-vnedreniya-v-sovremennoe-proizvodst/>
9. Степанов Г.Р. 1940. Перспективы культуры крым-сагыза. — Каучук и резина. (8): 67–69.
10. Ильин М.М., Якимов П.А. 1950. Каучуконосы и гуттаперченосы СССР. В кн.: Растительное сырье СССР. Сборник статей. Т. 1. Технические растения. М.; Л. С. 61–141.
11. Schmidt T., Lenders M., Hillebrand A., van Deenen N., Munt O., Reichelt R., Eisenreich W., Fischer R., Prüfer D., Gronover C.S. 2010. Characterization of rubber particles and rubber chain elongation in *Taraxacum koksaghyz*. — BMC Biochem. (11): 11. <https://doi.org/10.1186/1471-2091-11-11>
12. Кутузова С.Н., Петросян И.А. 2011. Морфо-биологическое изучение кок-сагыза из коллекции ВИР. — Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 167: 125–132.
13. Кулуев Б.Р., Картуха А.И., Князев А.В., Фатерыга А.В., Чемерис А.В. 2017. Опыт выращивания *Taraxacum hibernum* (Asteraceae). — Раст. ресурсы. (4): 543–554.
14. Войновский А.Б. 1936. Основные процессы и методы получения натурального каучука и гуттаперчи из советских каучуконосов. В кн.: Каучук и каучуконосы. Под ред. Келлер А.Б. М.; Л. 487 с.
15. Лапин А.К. 1935. Культура каучуконосов. В кн.: Сельское хозяйство СССР. Ежегодник. С. 65–73.
16. Minshall W.H. 1957. Rubber and resin content of native and introduced plants of Canada. Ottawa. Ontario. 53 p. http://agrienvarchive.ca/fed/download/rubber_resin_native_can_plants57.pdf
17. Бызов Б.В. 1932. Природный каучук. Л. 100 с.
18. Оголевец Г.С., Любич В.С., Степанов Г.Р. 1940. Альбом “Каучуконосы”. М. 9.5 печ. лист.
19. Bushman B.S., Scholte A.A., Cornish K., Scott D.J., Brichta J.L., Vederas J.C., Ochoa O., Michelmore R.W., Shintani D.K., Knapp S.J. 2006. Identification and comparison of natural rubber from two *Lactuca* species. — Phytochemistry. 67(23): 2590–2596. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.09.012>
20. Клобукова-Алисова Е.Н. 1960. Дикорастущие полезные и вредные растения Башкирии. М.; Л. Т. 2. 247 с.
21. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб. 992 с.

22. Spanò D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M.A., Casu M., Floris G., Medda R. 2012. Extraction and characterization of a natural rubber from *Euphorbia characias* latex. — *Biopolymers*. 97: 589–594. <https://doi.org/10.1002/bip.22044>
23. Rzymiski W.M. 2014. Gewinnung des Naturkautschuks aus alternativen Quellen [Extraction of natural rubber from alternative sources]. — *KGK rubberpoint*. 7–8: 22–27. https://www.kgk-rubberpoint.de/wp-content/uploads/migrated/paid_content/artikel/3175.pdf
24. Ramirez-Cadavid D., Cornish K., Michel F. 2017. *Taraxacum kok-saghyz* (TK): compositional analysis of a feedstock for natural rubber and other products. — *Ind. Crops Prod*. 107: 624–640. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.043>
25. Филиппов Д.И., Ничипорович А.А., Аксельрод Д.М. 1948. Культура каучуконосов в СССР. М. 359 с.
26. Келлер А.Б. 1936. Каучук и каучуконосы. М.; Л. Т. 1. 487 с.
27. Hegnauer R. 1963. Chemotaxonomie der Pflanzen. Bd 1–6. Basel; Stuttgart. Bd 2. 640 p.
28. Ильин М.М. 1953. Крестовники. В кн.: Каучук и каучуконосы. Т. 2. С. 592–597.
29. Победимова Е.Г. 1953. Золотарник. В кн.: Каучук и каучуконосы. Т. 2. С. 582–591.
30. Босса Г.Г. 1953. О каучуконосности некоторых видов одуванчиков. В кн.: Каучук и каучуконосы. Т. 2. С. 316–320.
31. Двелев Н.Н. 1989. Одуванчик — *Taraxacum* Wigg. В кн.: Флора европейской части СССР. Т. 8. Л. С. 61–114.
32. Kirschner J., Drábková L.Z., Štěpánek J., Uhlemann I. 2015. Towards a better understanding of the *Taraxacum* evolution (Compositae—Cichorieae) on the basis of nrDNA of sexually reproducing species. — *Plant Syst. Evol.* 301: 1135–1156. <https://doi.org/10.1007/s00606-014-1139-0>
33. Kirschner J., Štěpánek J. 2008. The most common dandelions in Middle Asia: The problem of *Taraxacum* sect. *Macrocornuta*, T. sect. *Ceratoidea* sect. *nova*, and the identity of *T. halophilu*. — *PHYTON Annales Rei Botanicae*. 48(1): 61–78. https://www.zobodat.at/pdf/PHY_48_1_0061-0078.pdf
34. Swanson C.L., Buchanan R.A., Otey F.H. 1979. Molecular weights of natural rubbers from selected temperate zone plants. — *J. Appl. Polymer Sci.* 23(3): 743–748. <https://doi.org/10.1002/app.1979.070230309>
35. Gnecco S., Pooley A., Lefimil C., Pino C., Valenzuela L. 1997. Chlorination of low-molecular weight *Euphorbia lactiflua* natural rubber. — *Polymer Bulletin*. 39(5): 605–612. <https://doi.org/10.1007/s002890050192>
36. Mekkiengkrai D., Ute K., Swiezewska E., Chojnacki T., Tanaka Y., Sakdapipanch J.T. 2004. Structural characterization of rubber from jackfruit and *Euphorbia* as a model of natural rubber. — *Bio-macromolecules*. 5(5): 2013–2019. <https://doi.org/10.1021/bm040045i>

Searching for Potential Rubber-Bearing Plants in the Flora of the Republic of Bashkortostan

B. R. Kuluev^{a,*}, A. A. Muldashev^b, N. D. Minchenkov^a, A. V. Chemeris^a

^a*Institute of Biochemistry and Genetics — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia*

^b*Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russia*

*e-mail: kuluev@bk.ru

Abstract—Since the beginning of the 21st century, there has been a new surge of interest in alternative to rubber tree (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müll. Arg.) sources of natural rubber. For the temperate zone, three species from the Asteraceae family were recognized as the most promising rubber-bearing plants: *Taraxacum kok-saghyz* Rodin, *Taraxacum hybernum* Stev. and *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. & G.G.Bosse, however, due to the southern origin, these plants can produce low yields when grown in Russia. Consequently, promising rubber-bearing plants are to be well-adapted to regional climatic conditions representatives of local flora. The objective of this study was to survey potential rubber-bearing plants of Bashkortostan for latex content in roots, stems and leaves. Such examination was carried out for the first time, since the territory of Bashkortostan was not covered by special botanical expeditions of 1931–1932. We examined 31 species of the Asteraceae and 5 species of the Euphorbiaceae families that, according to literature data, contain latex. The study has found

that 8 Asteraceae species of Bashkortostan flora are potentially promising rubber-bearing plants: *Picris hieracioides*, *Pilosella echinoides*, *Scorzonera austriaca*, *Senecio erucifolius*, *Solidago canadensis*, *Sonchus palustris*, *Tragopogon podolicus* and *Tragopogon major*.

Keywords: natural rubber, kok-saghyz, krym-saghyz, *Taraxacum kok-saghyz*, *Taraxacum hybernum*, *Picris*, *Pilosella*, *Scorzonera*, *Senecio*, *Solidago*, *Sonchus*, *Tragopogon*, *Euphorbia*

ACKNOWLEDGMENTS

The research was carried out under the state assignments AAAA-A16-116020350028-4 and AAAA-A19-119021190011-0 of the IBG UFRC RAS using equipment of “Agidel” core facilities and the USI “Complex equipment for studying nucleic acids – KODINK”.

REFERENCES

1. Dykman A.S., Busygin V.M., Moiseyev I.I., Gilmanov K.K., Fedortsova E.V. 2012. Global tendencies in production of natural and isoprene rubber – Economics and Management. 1(75): 46–52. (In Russian)
2. Chaldayeva D.A., Khusainov A.D. 2013. Primeneniye naturalnogo i sinteticheskogo kauchuka v shinnoy promyshlennosti [The use of natural and synthetic rubber in the production of tires]. – Herald of Kazan Technological University. 16(11): 195–198. (In Russian)
3. Kuluev B.R., Garafutdinov R.R., Maksimov I.V., Sagitov A.M., Chemeris D.A., Knyazev A.V., Vershinina Z.R., Baymiev An.K., Muldashev A.A., Baymiev Al.K., Chemeris A.V. 2015. Natural rubber, its sources and components. – Biomics. 7(4): 224–283. (In Russian)
<http://biomics.ru/archive/2015/tom-7-4/naturalnyy-kauchuk-ego-istochniki-i-sostavnye-chasti/>
4. Dykman A.S., Gilmanov K.K., Fedortsova E.V., Busygin V.M., Moiseyev I.I. 2011. Perspective opportunities of natural and isoprene rubber. – Economics and Management. 10(71): 46–51. (In Russian)
5. Polovenko I.S., Filippov D.I., Pravdin F.N., Furman L.M. 1950. Kok-sagyz [Kok-saghyz]. Moscow. 167 p. (In Russian)
6. Ilyin M.M. 1953. Kauchukonosnost flory SSSR [Rubber-bearing properties of the USSR flora]. In: Kauchuk i kauchukonosy. T. 2. P. 9–104. (In Russian)
7. Khairullin R.Z., Vlasova Yu.S., Yanov V.V. 2014. Perspektivy ispolzovaniya alternativnykh vidov rastitelnogo syrya dlya proizvodstva naturalnogo kauchuka [Prospects for the use of alternative types of plant materials for the production of natural rubber]. – Herald of Kazan Technological University. 17(13): 205–206. (In Russian)
8. Garshin M.V., Kartuha A.I., Kuluev B.R. 2016. *Taraxacum kok-saghyz*: cultivation features and perspectives of introduction to modern production – Biomics. 8(4): 323–333. (In Russian)
<http://biomics.ru/archive/2016/tom-8-4/kok-sagyz-osobennosti-kultivirovaniya-perspektivy-vozdevlyaniya-i-vnedreniya-v-sovremennoe-proizvodst/>
9. Stepanov G.R. 1940. Perspektivy kultury krym-sagzya [Prospects of the krym-saghyz cultivation] – Kauchuk i rezina. (8): 67–69. (In Russian)
10. Ilyn M.M., Yakimov P.A. 1950. Kauchukonosy i guttaperchenosy SSSR [Rubber and gutta-percha plants of the USSR]. In: Rastitelnoye syrye SSSR. Sbornik statey. Vol. 1. Tekhnicheskiye rasteniya. Moscow; Leningrad. P. 61–141. (In Russian)
11. Schmidt T., Lenders M., Hillebrand A., van Deenen N., Munt O., Reichelt R., Eisenreich W., Fischer R., Prüjfer D., Gronover C.S. 2010. Characterization of rubber particles and rubber chain elongation in *Taraxacum koksaghyz*. – BMC Biochem. (11):11.
<https://doi.org/10.1186/1471-2091-11-11>
12. Kutuzov S.N., Petrosyan I.A. 2011. Morpho-biological study of kok-saghyz from the VIR collection. – Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 167: 125–132. (In Russian)
13. Kuluev B.R., Kartuha A.I., Knyazev A.V., Fateryga A.F., Chemeris A.V. 2017. Experience of cultivation of *Taraxacum hybernum* (Asteraceae). – Rastitelnye resursy. 53(4): 543–554. (In Russian)
14. Voinovskiy A.B. 1936. Osnovnyye protsessy i metody polucheniya naturalnogo kauchuka i guttaperchi iz sovetkikh kauchukonosov [The basic processes and methods for producing natural rubber and gutta-percha from Soviet rubber-bearing plants]. In: Rubber and rubber-bearing plants. Moscow; Leningrad. 487 p. (In Russian)
15. Lapin A.K. 1935. Kultura kauchukonosov [Cultivation of rubber-bearing plants]. In: Selskoye khozaystvo SSSR. Yezhegodnik P. 65–73. (In Russian)
16. Minshall W.H. 1957. Rubber and resin content of native and introduced plants of Canada. Ottawa. Ontario. 53 p. http://agrienvarchive.ca/fed/download/rubber_resin_native_can_plants57.pdf
17. Byzov B.V. 1932. Prirodnyy kauchuk [Natural rubber]. Leningrad. 100 p. (In Russian)
18. Ogolevets G.S., Lyubich V.S., Stepanov G.R. 1940. Albom “Kauchukonosy” [The album “Rubber-bearing plants”]. 9.5 printed sheets. (In Russian)

19. *Bushman B.S., Scholte A.A., Cornish K., Scott D.J., Brichta J.L., Vederas J.C., Ochoa O., Micheltore R.W., Shintani D.K., Knapp S.J.* 2006. Identification and comparison of natural rubber from two *Lactuca* species. – *Phytochemistry*. 67(23): 2590–2596. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.09.012>
20. *Klobukova-Alisova E.N.* 1960. Dikorastushchiye poleznyye i vrednyye rasteniya Bashkirii [Wild-growing useful and noxious plants of Bashkiria]. Moscow; Leningrad. V. 2. 247 p. (In Russian)
21. *Cherepanov S.K.* 1995. Sosudistyye rasteniya Rossii i soprodelnykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR)]. Russian edition. Saint Petersburg. 992 p. (In Russian)
22. *Spanò D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M.A., Casu M., Floris G., Medda R.* 2012. Extraction and characterization of a natural rubber from *Euphorbia characias* latex. – *Biopolymers*. 97: 589–594. <https://doi.org/10.1002/bip.22044>
23. *Rzymiski W.M.* 2014. Gewinnung des Naturkautschuks aus alternativen Quellen [Extraction of natural rubber from alternative sources]. – *KGK rubberpoint*. 7-8: 22–27. https://www.kgk-rubberpoint.de/wp-content/uploads/migrated/paid_content/artikel/3175.pdf
24. *Ramirez-Cadavid D., Cornish K., Michel F.* 2017. *Taraxacum kok-saghyz* (TK): compositional analysis of a feedstock for natural rubber and other products. – *Ind. Crops Prod.* 107: 624–640. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.043>
25. *Filippov D.I., Nichiporovich A.A., Axelrod D.M.* 1948. Kultura kauchukonosov v SSSR [Cultivation of rubber-bearing plants in the USSR]. Moscow. 359 p. (In Russian)
26. Keller A.B. 1936. Kauchuk i kauchukonosy [Rubber and rubber-bearing plants]. Moscow; Leningrad. V. 1. 487 p. (In Russian)
27. *Hegnauer R.* 1963. Chemotaxonomie der Pflanzen: Bd 1-6. Basel; Stuttgart, Bd 2. 640 p.
28. *Ilyin M.M.* 1953. Krestovniki [Senecio]. In: Rubber and rubber-bearing plants. V. 2. Moscow. P. 592–597. (In Russian)
29. *Pobedimova E.G.* 1953. Zolotarnik [Solidago]. In: Rubber and rubber-bearing plants. V. 2. Moscow. P. 582–591. (In Russian)
30. *Bosse G.G.* 1953. O kauchukonosnosti nekotorykh vidov oduvanchikov [On the rubber-bearing properties of some species of dandelion]. In: Rubber and rubber-bearing plants. V. 2. Moscow. P. 316–320. (In Russian)
31. *Tsvelev N.N.* 1989. Odvanchik – *Taraxacum* Wigg. [Dandelion - *Taraxacum* Wigg.]. In: Flora of the European part of the USSR. V. VIII. Leningrad. P. 61–114. (In Russian)
32. *Kirschner J., Drábková L.Z., Štěpánek J., Uhlemann I.* 2015. Towards a better understanding of the *Taraxacum* evolution (Compositae–Cichorieae) on the basis of nrDNA of sexually reproducing species. – *Plant Syst. Evol.* 301: 1135–1156. <https://doi.org/10.1007/s00606-014-1139-0>
33. *Kirschner J., Štěpánek J.* 2008. The most common dandelions in Middle Asia: The problem of *Taraxacum* sect. *Macrocornuta*, T. sect. *Ceratoidea* sect. *nova*, and the identity of *T. halophilu*. – *PHYTON Annales Rei Botanicae*. 48(1): 61–78. https://www.zobodat.at/pdf/PHY_48_1_0061-0078.pdf
34. *Swanson C.L., Buchanan R.A., Otey F.H.* 1979. Molecular weights of natural rubbers from selected temperate zone plants. – *J. Appl. Polymer Sci.* 23(3): 743–748. <https://doi.org/10.1002/app.1979.070230309>
35. *Gnecco S., Pooley A., Lefimil C., Pino C., Valenzuela L.* 1997. Chlorination of low-molecular weight *Euphorbia lactiflua* natural rubber. – *Polymer Bulletin*. 39(5): 605–612. <https://doi.org/10.1007/s002890050192>
36. *Mekkriengkrai D., Ute K., Swiezewska E., Chojnacki T., Tanaka Y., Sakdapipanich J.T.* 2004. Structural characterization of rubber from jackfruit and *Euphorbia* as a model of natural rubber. – *Bio-macromolecules*. 5(5): 2013–2019. <https://doi.org/10.1021/bm040045i>